# 論文 超高強度有機繊維補強コンクリート型枠を適用した再生コンクリー ト梁部材の付着性状

師橋 憲貴\*1·浪花 翔馬\*2

**要旨**:本論文は超高強度有機繊維補強コンクリート型枠を適用した再生コンクリート梁部材の付着性状について実験的に検討を行ったものである。その結果,有機繊維補強コンクリート型枠で梁部材の側面および底面を覆うことで後打ち再生コンクリートの乾燥収縮ひび割れの抑制が認められた。また,付着割裂強度は後打ち再生コンクリートより高強度である有機繊維補強コンクリート型枠の寄与により,型枠を用いない一体打ち試験体と比較して付着割裂強度が上昇することを明らかにした。

キーワード: 超高強度有機繊維補強コンクリート型枠,再生コンクリート,付着割裂強度,ハーフ PCa

1. はじめに

近い将来, 高度経済成長期に建設された多くの建築物 が供用終了を迎え、コンクリート塊などの建築廃棄物の 増加が予想される。そのため、コンクリート塊の再利用 は資源循環型社会の形成にとって必要不可欠である。リ サイクルに関する諸政策の下でコンクリート塊の再利用 の割合は98%程度と高い水準にあるが、そのほとんどが 路盤材として利用されている。近年の道路建設の減少に 伴い、路盤材としての需要が減少していくと予想される ため、今後はコンクリート用再生骨材としての利用を増 大させていく必要がある。再生骨材についてはHクラス (高品質), Mクラス(中品質), Lクラス(低品質)を規 定する計3クラスの JIS が制定され、用途拡大のために 不純物に関する規格を厳しくするなどの改正が行われて きた<sup>1), 2), 3)</sup>。また日本建築学会から再生骨材を用いるコ ンクリートの設計・製造・施工指針(案)4)が発行され、 再生骨材を用いるコンクリート(以下,再生コンクリー トという)を利用するための環境は整いつつある。しか し, M クラス以下の再生骨材は吸水率が大きいため, M クラス以下の再生骨材を用いた再生コンクリートについ ては,乾燥収縮や凍結融解抵抗性への影響が憂慮される。 そのため, M クラスの再生骨材を用いた再生コンクリー トの主な用途としては,地中構造物である場所打ち杭, 基礎梁など乾湿繰り返しを受けない部材が挙げられてい る。これらに類似した用途として、本研究ではハーフ PCa 梁部材の後打ちコンクリート部分へ再生コンクリートを 利用することとした。本研究は超高強度有機繊維補強コ ンクリート型枠(以下,有機繊維補強型枠という)を梁 部材に適用した。これにより、再生コンクリート梁部材 の乾燥収縮性状および付着性状に与える影響に焦点を当 てた検討を行った。

### 2. 使用コンクリートの材料特性

#### 2.1 後打ち再生コンクリートの材料特性

表-1 に試験体種別を示す。本研究で用いた後打ち再 生コンクリートは再生コンクリート工場で製造されたレ ディーミクストコンクリートである。再生コンクリート は,普通骨材を再生骨材で置換する割合(以下,置換率 という)を変化させた2シリーズとした。FMOPCaシリー ズは普通粗骨材を再生粗骨材で50%置換し,FMMOPCaシ リーズはさらに普通細骨材を再生細骨材で 50%置換し たものである。有機繊維補強型枠を使用したハーフPCa 試 験体と,試験体形状および置換率が同一の有機繊維補強 型枠を使用していない既往の実験報告である一体打ち試 験体HFMシリーズとHFMMシリーズ<sup>5)</sup>との比較を行った。 また載荷時期は後打ち再生コンクリートを打設後,5週 時と乾燥収縮の影響を検討するため1年経過時とした。

試験体名	シリーズ 置換率	試験体 タイプ	載荷時期		
1) FMOPCa	FMOPCaシリーズ: 再生粗骨材50%・ 並通知骨材50%		5週時		
2) FMOPCaK	<ul><li> 音通祖肖初30%  再生細骨材0%・  普通細骨材100%</li></ul>	ハーフPCa	1年 経過時		
3) FMMOPCa	FMMOPCaシリーズ: 再生粗骨材50%・ 	試験体	5週時		
4) FMMOPCaK	音通祖肖初50% 再生細骨材50%・ 普通細骨材50%		1年 経過時		
5) HFM <sup>5)</sup>	HFMシリーズ: 再生粗骨材50%・ 並通知骨は50%		5週時		
6) <sub>HFM1K</sub> 5)	<ul><li> 盲通祖肖初30% </li><li> 再生細骨材0%・ </li><li> 普通細骨材100% </li></ul>	一体打ち	1年 経過時		
7) HFMM <sup>5)</sup>	HFMMシリーズ: 再生粗骨材50%・ 並通知骨材50%	試験体	5週時		
8) <sub>HFMM1K</sub> <sup>5)</sup>	音通祖肖材30% 再生細骨材50%・ 普通細骨材50%		1年 経過時		
置換率・普通骨材を再生骨材で置換する割合					

表-1 試験体種別

\*1 日本大学生産工学部建築工学科 教授 博士(工学)(正会員)

\*2 日本大学大学院生產工学研究科建築工学専攻 博士前期課程(非会員)

表-2 に後打ち再生コンクリートの調合を示す。本研 究で用いた再生コンクリートは、主筋と型枠のあき間隔 が狭いため、自己充填性が高い、高流動コンクリートと なる調合を行った。目標コンクリート強度は日本建築学 会 鉄筋コンクリート構造計算規準(以下, RC 規準<sup>6)</sup>と いう)の設計基準強度の上限値である 60N/mm<sup>2</sup>とした。 そのため、載荷時期の再生コンクリートの圧縮強度が同 程度となるよう W/Cを変化させた。フレッシュ性状の目 標値はスランプフロー60±5cm、空気量 4.5±1.5%とし、 試し練りを行い調合を決定した。

表-3 に使用した骨材の品質を示す。本研究で使用した再生骨材は、再生コンクリート工場の敷地内でコンク リート塊をジョークラッシャーで破砕して製造した骨材 である。再生粗骨材は吸水率4.37%でMクラス、再生細 骨材は吸水率11.38%でLクラスに分類される。そのた め、FMMOPCa シリーズの再生コンクリートは乾燥収縮が 大きくなると考えられる再生コンクリートを対象とした 付着割裂実験となっている。

表-4 に後打ち再生コンクリートのフレッシュ性状お よび混和剤の添加量を示す。再生細骨材を置換した FMMOPCa シリーズは目標フロー値を下回り,再生細骨材 を置換した場合は,再生細骨材を置換していない場合と 比較して,混和剤の添加量が等しい場合にフロー値の低 下が認められた。FMMOPCa シリーズは後打ち再生コンク リートとして十分なフロー値では無かったが,打設可能 な流動性は有していると判断し試験体の作製を行った。

表-5に5週実験時と1年経過実験時の後打ち再生コンクリートの力学特性を示す。各試験は現場封かん養生とした円柱供試体を用いて行った。

図-1 に後打ち再生コンクリートの乾燥収縮率の推移 を示す。乾燥収縮率の測定は JIS A 1129 コンクリートの 長さ変化試験方法で用いられる 100mm×100mm×400mm の 長さ変化角柱供試体を用いて行った <sup>n</sup>。JIS に示される 測定材齢とは異なるが、ハーフ PCa 梁部材の載荷を行う 1 年経過時に至るまで継続的に乾燥収縮率を測定した。 日本建築学会が発行している建築工事標準仕様書・同解 説 JASS5 鉄筋コンクリート工事では耐久性を確保する ため、計画供用期間の級が長期・超長期のコンクリート の乾燥材齢26週の乾燥収縮率について800×10<sup>-6</sup>以下を 目標としている8)。材齢52週(1年経過時)の乾燥収縮 率を再生細骨材の使用の有無について着目すると、再生 細骨材を使用した FMMOPCa シリーズ(□印)は乾燥収縮 率の値が 855×10<sup>-6</sup>となり, 800×10<sup>-6</sup>を上回った。一方, 再生細骨材を置換していない FMOPCa シリーズ (○印) は FMMOPCa シリーズよりも 80×10<sup>-6</sup>程度低い値となった。

# 2.2 有機繊維補強コンクリートの材料特性

表-6 に有機繊維補強コンクリートの標準配合を示す。

表-2 後打ち再生コンクリートの調合

シ		W∕C (%)	単位質量(kg/m <sup>3</sup> )						
	シリーズ		水	セメント	細骨材		粗骨材		
					普通	再生	普通	再生	
	FMOPCa	31.3	170	543	717	-	456	420	
	FMMOPCa	33.8	170	503	375	322	456	420	
	HFM <sup>5)</sup>	40.0	170	425	820	-	456	410	
	HFMM <sup>5)</sup>	40.0	170	425	410	361	456	410	

各シリーズ共通:粗骨材の最大寸法20mm

表-3 使用した骨材の品質

シリーズ		産地	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	実積率 (%)	吸水率 (%)
	普通粗骨材	津久見	2.68	60.1	0.80
FMOPCa	再生粗骨材	葛西	2.39	60.7	4.37
FMMOPCa	普通細骨材	相模原	2.54	65.0	2.65
	再生細骨材	葛西	2.01	73.0	11.38
	普通粗骨材	佐野	2.70	60.9	0.71
HFM <b>5)</b>	再生粗骨材	葛西	2.36	61.7	5.65
HFMM <b>5)</b>	普通細骨材	田倉	2.54	68.3	2.45
	再生細骨材	葛西	2.04	72.3	12.21

表-4 フレッシュ性状および混和剤の添加量

シリーズ	スランプフロー (cm×cm)	空気量 (%)	高性能AE 減水剤 <sup>*1</sup> (C×%)	AE剤 <sup>*2</sup> (C×%)
FMOPCa	56.8×57.9	5.7	1.66	0.008
FMMOPCa	50.7×50.9	3.4	1.65	0.008
HFM <sup>5)</sup>	58.0×55.0	5.2	1.55	0.004
HFMM <sup>5)</sup>	57.0×59.0	3.2	1.80	0.007
_				

\*1:ポリカルボン酸系,\*2:ロジン系界面活性剤

表-5 後打ち再生コンクリートの力学特性

試験体名	載荷時期	圧縮強度 σ <b>в</b>	ヤング係数 E	割裂強度 <sup>の</sup> T
		(N/mm <sup>2</sup> )	$(\times 10^4 \mathrm{N/mm^2})$	(N/mm <sup>2</sup> )
1) FMOPCa	5週実験時	67.3	2.96	3.39
2) FMOPCaK	1年経過実験時	71.3	3.87	3.80
3) FMMOPCa	5週実験時	60.6	2.68	3.11
4) FMMOPCaK	1年経過実験時	66.5	3.18	3.15
5) HFM <sup>5)</sup>	5週実験時	50.4	2.72	3.12
6) <sub>HFM1K</sub> 5)	1年経過実験時	61.1	2.89	3.48
7) HFMM <sup>5)</sup>	5週実験時	56.6	2.88	3.70
8) HFMM1K <sup>5)</sup>	1年経過実験時	67.4	3.04	3.99



有機繊維補強コンクリートは練混ぜ水,プレミックス材料,有機繊維,高性能減水剤により構成されているセメント系材料である。プレミックス材料はセメント,シリカフューム,硅石粉末などが最密充填されるようにあらかじめ混合した混合粉体である。本研究で用いた有機繊維補強型枠は,後打ち再生コンクリートよりも先行して セメントメーカーの工場で作製されたものである。

表-7 に有機繊維補強コンクリートの力学特性を示す。 後打ち再生コンクリートの材齢とは異なるが、ハーフ PCa 梁部材の付着割裂実験を行った5週実験時と1年経 過実験に円柱供試体を用いて強度試験を行った。有機繊 維補強コンクリートは5週実験時からさかのぼり2年4 ヶ月前に作製されたものを用いた。また強度試験に用い た円柱供試体は気中養生で保存を行った。圧縮強度( $\sigma_B$ shell)は、5週実験時と1年経過実験でそれぞれ146.2N/mm<sup>2</sup> および159.7N/mm<sup>2</sup>で後打ち再生コンクリートと比較し てかなり高強度となっている。また**写真-1**に有機繊維 の形状および材料特性を示す。有機繊維は体積比の 3.0%の割合で配合している。

## 3. 実験概要

図-2 にハーフ PCa 試験体と既往の一体打ち試験体の 断面を,また図-3 に有機繊維補強型枠の付着層を示す。 有機繊維補強型枠の形状は梁断面に対して側面および底 面を覆う一体型の凹字断面で厚さは18mmである。重ね継 手は梁断面に対して水平に重ね継手し,後打ち再生コン クリートと鉄筋との付着を検討する試験体とした。側面 と底面のコンクリート表面から主筋表面までのかぶり厚 さは30mmで,重ね継手端部から破壊が先行するサイドス プリット型の付着割裂破壊を想定した。本研究では主筋 表面から有機繊維補強型枠内側までのあき間隔12mm と 型枠の厚さ18mmを足し合わせた30mmをかぶり厚さとし て捉えた。有機繊維補強型枠には後打ち再生コンクリー トとの一体化を図るため,型枠内部に直径10mm,深さ 3.6mmの付着層凹部が設けられている。

図-4 に試験体形状を示す。試験体は単純梁形式で, 重ね継手は純曲げ区間の下端に設け,重ね継手長さは 30db (db は主筋の公称直径)で,重ね継手部には主筋と 再生コンクリートの基本的な付着性状を把握するため横 補強筋は配筋しなかった。表-8 に鉄筋の材料特性を示 す。重ね継手部より外側は,せん断破壊が生じないよう に4-D6@80mmで十分に補強した。主筋は上端・下端とも 梁部材の曲げ降伏耐力を上昇させて,付着割裂破壊を先 行させるため高強度鉄筋 SD685 (4-D19)を使用した。

#### 4. 実験結果

表-9に実験結果一覧を示す。加力方法は4点曲げ試

表-6 有機繊維補強コンクリートの標準配合

練混ぜ水/ プレミックス	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
	練混ぜ水	プレミックス	有機繊維	高性能 減水剤	
8.0%	178	2231	39	30	

表-7 有機繊維補強コンクリートの力学特性

繊維種別	載荷時期	圧縮強度 <sup>σ</sup> B Shell (N/mm <sup>2</sup> )	割裂強度 <sup>σ</sup> тshell (N/mm <sup>2</sup> )
	5週実験時	146.2	10.38
1月 作党 利以 市臣	1年経過実験時	159.7	11.72



有機繊維の材料特性 長さ:14.7 (mm) 線径:0.32 (mm) 密度:1.3 (g/cm<sup>3</sup>) 引張強度:1.3×10<sup>3</sup> (N/mm<sup>2</sup>)







図-3 有機繊維補強型枠の付着層



## 図-4 試験体形状

験による正負繰返し載荷を行い、載荷点間の純曲げ区間 に設けた重ね継手の付着性状について検討した。表中の Pmax は正載荷時における付着割裂破壊時の荷重である。

## 4.1 乾燥収縮ひび割れの発生状況

図-5に1年経過時(52週)の乾燥収縮ひび割れの発 生状況を例示する。コンクリートを打設後、実験室内に 保存した梁の打設面および側面の乾燥収縮ひび割れを観 察したものである。例示した a) 図 FMMOPCaK および b) 図 HFMM1K は普通細骨材を再生細骨材で置換しているた め乾燥収縮が大きくなると想定されるシリーズである。 有機繊維補強型枠を用いた a) 図 FMMOPCaK は一体打ち試 験体である b) 図 HFMM1K と比較して, 打設面における乾 燥収縮ひび割れの発生が減少する傾向が見られた。図-1 に示したように長さ変化角柱供試体での乾燥収縮率は同 程度であったことから、有機繊維補強型枠で側面および 底面を覆うことで、再生コンクリートが空気に触れる面 を少なくできたため、乾燥収縮ひび割れが抑制されたも のと考える。また打設面は有機繊維補強型枠の側面内側 と後打ち再生コンクリートとの境界面(付着層)が観察 できるが、型枠と後打ち再生コンクリートの分離のよう なひび割れは認められず、1 年経過時においても後打ち 再生コンクリートと型枠との一体化が確認できた。

## 4.2 主筋長期許容応力度時の曲げひび割れ幅

表-10 は梁部材に載荷した際の主筋長期許容応力度 時の曲げひび割れの測定結果を示したものである。曲げ ひび割れ幅の測定には、マイクロスコープ(最小目盛り 0.02mm)を用いて、正載荷時の純曲げ区間について主筋 の重心線上で測定を行った。図-6は5週時および1年 経過時の主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅 Wmaxを示したものである。有機繊維補強型枠を用いたハ ーフ PCa 試験体と一体打ち試験体について最大曲げひび 割れ幅 Wmax の比較を行うと、ハーフ PCa 試験体は Wmax が小さい値となる傾向を示した。これは型枠に配合され た有機繊維が曲げひび割れの拡大を抑制する効果を示し たものと考える。また5週時および1年経過時の載荷時 期の違いで Wmax の差はあまり認められなかった。すべて の試験体で Wmax の大きさは RC 規準<sup>6)</sup>のひび割れ幅制限 目標値の 0.25mm 以内となった。

## 4.3 最終破壊形状

図-7に1年経過時に載荷した梁部材の最終破壊形状 を,また写真-2に純曲げ区間側面の最終破壊状況を例 示する。側面の破壊形状に示した破線は梁の上端から発 生した負載荷時の曲げひび割れを表したものである。実 線の正載荷時のひび割れは純曲げ区間に初期曲げひび割 れが発生し、その後、純曲げ区間外に曲げせん断ひび割 れが発生した。有機繊維補強型枠を用いた a)図 FMMOPCaK の最終破壊は、重ね継手端部付近の曲げひび割れから上

表-8 鉄筋の材料特性

	シリーズ	使用箇所	使用鉄筋	σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ε <b>γ</b> (%)	σ <sub>max</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )
	FMOPCa	主筋	D19 (SD685)	726	0.38	985	1.89×10 <sup>5</sup>
FMMOPCa	横補強筋	D6 (SD295A) バーインコイル	490	0.26	565	1.91×10 <sup>5</sup>	
_	HFM <b>5)</b>	主筋	D19(SD685)	739	0.38	997	1.93×10 <sup>5</sup>
HFMM <sup>5)</sup>	横補強筋	D10 (SD295A)	363	0.19	514	1.88×10 <sup>5</sup>	

表-9 実験結果一覧

学家生々	*****	最大荷重	付着割裂 強度	矿棒形土
<b>武</b> 职 14 名	戰10时7月	Pmax (kN)	τ <sub>υ өхр.</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	収壊形式
1) FMOPCa	5週時	441.5	4.96	
2) FMOPCaK	1年経過時	447.0	5.02	
3) FMMOPCa	5週時	397.5	4.46	
4) FMMOPCaK	1年経過時	450.0	5.05	付着割裂
5) HFM <sup>5)</sup>	5週時	344.0	3.86	破壊
6) HFM1K <sup>5)</sup>	1年経過時	350.5	3.93	
7) HFMM <sup>5)</sup>	5週時	375.0	4.21	
8) HFMM1K <sup>5)</sup>	1年経過時	375.0	4.21	





図-5 1年経過時(52週)の乾燥収縮ひび割れ

表-10 主筋長期許容応力度時の曲げひび割れ

-> h #*A (1, 6)	載荷時期	ひび割れ( $\sigma_t = 200 \text{N/mm}^2$ )			
試験体名		n (本)	Wmax (mm)	Wo (mm)	
1) FMOPCa	5週時	5	0.06	0.056	
2) FMOPCaK	1年経過時	4	0.10	0.070	
3) FMMOPCa	5週時	3	0.06	0.060	
4) FMMOPCaK	1年経過時	5	0.06	0.033	
5) HFM <sup>5)</sup>	5週時	9	0.10	0.041	
6) HFM1K <sup>5)</sup>	1年経過時	6	0.20	0.086	
7) HFMM <sup>5)</sup>	5週時	4	0.11	0.075	
8) HFMM1K <sup>5)</sup>	1年経過時	7	0.12	0.057	
イレイド(中国)					

n : ひび割れ本数 Wmax : 最大曲げひび割れ幅

Wo:平均ひび割れ幅

10. 平均0.0.前40幅

端方向に太いひび割れが発生した。底面の破壊形状に軸 方向のひび割れの発生が認められたため,後打ち再生コ ンクリート内に配筋された重ね継手がサイドスプリット 型の付着割裂破壊を起こし,その破壊が型枠において現 れたものと考える。一方,一体打ち試験体である b)図 HFMM1K は付着割裂破壊時に主筋線上に沿って太いひび 割れが進行して破壊するサイドスプリット型の付着割裂 破壊を起こした。写真-2 に示すようにハーフ PCa 試験 体は一体打ち試験体と比較して,有機繊維補強型枠の適 用のため側面におけるサイドスプリット型の付着割裂破 壊が明確とならない場合が認められた。また一体打ち試 験体は破壊時に純曲げ区間のかぶりコンクリートが剥落 したが,ハーフ PCa 試験体は有機繊維補強型枠に混入し た有機繊維により,破壊時にかぶりコンクリートの剥落 は認められなかった。

## 4.4 荷重-たわみ関係

図-8 に荷重-たわみ曲線を示す。変位は支点と梁中 央の相対変位を測定した。加力の履歴は RC 規準に示され る梁の曲げ強度略算式<sup>6)</sup>により計算した主筋の平均応力 度(σ<sub>t</sub>)を100,200,300N/mm<sup>2</sup>と約100N/mm<sup>2</sup>ずつ増加 させ,それぞれの応力度で各1回正負繰返しを行った。 梁の曲げ強度略算式を式(1)に示す。

	М	$=$ at • $\sigma_t$ • j (N • mm)	(1)
ここで	М	:曲げモーメント at:主筋の断面積 (mm <sup>2</sup> )	
	σt	:主筋の平均応力度 (N/mm²)	
	j	:応力中心間距離((7/8) d, d:梁有効せい(	mm))

実線で示す有機繊維補強型枠を用いたハーフ PCa 試験 体 FMMOPCaK は、破線で示す一体打ち試験体 HFMM1K と比 較して初期剛性が上昇し、最大荷重も上昇した。表-5に示すように1年経過時の後打ち再生コンクリートの圧 縮強度  $\sigma_{B}$ は FMMOPCaK は 66. 5N/mm<sup>2</sup>, HFMM1K は 67. 4N/mm<sup>2</sup> とほぼ同等であるが、ハーフ PCa 試験体は外殻部に圧縮 強度 ( $\sigma_{B Shell}$ )が 159. 7N/mm<sup>2</sup>の有機繊維補強型枠を適用 している。そのため、高強度である有機繊維補強型枠が 引張側となる底面部で、引張応力を負担したことが初期 剛性および最大荷重の上昇に繋がったものと考える。

#### 4.5 付着割裂強度の評価

図-9 に荷重より求めた付着割裂強度  $\tau_{u exp.} \varepsilon$ ,後打 ち再生コンクリートの圧縮強度  $\sigma_{B}$ の平方根で除し,無次 元化して示した。ハーフ PCa 梁部材のコンクリート強度 には有機繊維補強型枠と後打ち再生コンクリートの2つ の強度が存在する。本研究では梁部材断面における面積 が約 83%を占める後打ち再生コンクリートの圧縮強度  $\sigma_{B} \varepsilon$ 用いて検討を行った。付着割裂強度の無次元化に当 たっては,付着割裂強度がコンクリートの割裂強度に依



図-6 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅



a) FMMOPCaK Pmax=450.0kN (ハーフ PCa 試験体) 側面 (川山) (ハーフ PCa 試験体)





a) FMMOPCaK (ハーフ PCa 試験体)



b) HFMM1K(一体打ち試験体)

写真-2 最終破壊状況(純曲げ区間)

存し、また割裂強度はコンクリートの圧縮強度の平方根 に比例するとする藤井らの研究<sup>9)</sup>を参考とした。てuexp. は式(2)による最大荷重時平均付着応力度であり,式(2) 中の Mu は最大荷重を基に求めた最大曲げモーメントの 実験値である。

$$\tau_{\rm u exp.} = \frac{Mu}{\mathbf{j} \cdot \phi \cdot \boldsymbol{l}_{\rm s}} \, (\mathrm{N/mm^2}) \tag{2}$$

## ここで Mu :最大曲げモーメント (N・mm)

j:応力中心間距離((7/8) d,d:梁有効せい(mm))  $\phi$ :鉄筋の周長(mm)  $l_s$ :重ね継手長さ(mm)

後打ち再生コンクリートの圧縮強度で無次元化した付着 割裂強度は材齢の違いおよび再生細骨材の使用の有無の 比較において大きな差異は認められなかった。一方,ハ ーフ PCa 試験体と一体打ち試験体の平均を比較すると, ハーフ PCa 試験体の値が高くなった。ハーフ PCa 試験体 では高強度の有機繊維補強型枠を適用したことが付着割 裂強度の上昇に寄与していることが推察された。

## 5. 結論

超高強度有機繊維補強コンクリート型枠を適用した再 生コンクリート梁部材の付着性状について検討した結果, 本実験の範囲内で以下に示す知見が得られた。

- (1) 有機繊維補強型枠を用いたハーフ PCa 試験体は骨材 置換率が同一の一体打ち試験体と比較して,打設面 での乾燥収縮ひび割れの減少が認められた。
- (2)主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅は有機 繊維補強型枠の適用により、一体打ち試験体と比較 して小さな値となる傾向があった。
- (3) ハーフ PCa 試験体における最終破壊形状は,後打ち 再生コンクリート内の重ね継手のサイドスプリッ ト型の付着割裂破壊が型枠側面まで明確に現れて こない場合があった。
- (4)後打ち再生コンクリートの圧縮強度を平方根で除し、 無次元化した付着割裂強度は、有機繊維補強型枠を 適用することで上昇する傾向を示した。

以上,梁部材に超高強度有機繊維補強コンクリート型 枠を適用した結果,有機繊維補強型枠で後打ち再生コン クリートを覆うことが乾燥収縮ひび割れの抑制に有効で あることを明らかにした。今後,有機繊維補強型枠と後 打ち再生コンクリートの強度差を考慮した付着割裂強度 を評価し,有機繊維補強型枠による付着割裂強度上昇の 寄与分について検討を行っていきたい。

#### 謝辞

本研究は日本大学生産工学研究所所管大型研究機器 構造物試験機自動計測制御システムを用いて行った。ま た本研究の後打ち再生コンクリートに関しては,東京建 設廃材処理協同組合 葛西再生コンクリート工場をはじ め,混和剤メーカーのF社にご協力をいただきました。 さらに有機繊維補強型枠の作製に関しては,セメントメ ーカーのT社にご尽力をいただきました。関係各位に記 して感謝の意を表します。



図-8 荷重-たわみ曲線



で無次元化した付着割裂強度

## 参考文献

- (財)日本規格協会:JISA 5021 コンクリート用再 生骨材 H, 2011.5.20 改正
- 2) (財)日本規格協会: JISA 5022 再生骨材 M を用い たコンクリート, 2012.7.20 改正
- 3) (財) 日本規格協会: JIS A 5023 再生骨材 L を用い たコンクリート, 2012.7.20 改正
- 4) 日本建築学会:再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案),2014.10.20
- 5) 師橋憲貴,桜田智之,三橋博巳:高流動再生コンク リートを適用した梁部材の付着特性に関する実験 的研究,構造工学論文集,No.58B,pp.1~8,2012.3
- 6) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同 解説,2010改定
- 7) (財)日本規格協会: JISA 1129 モルタル及びコン クリートの長さ変化試験方法-第2部:コンタクト ゲージ方法-,2010.8.10改正
- 8) 日本建築学会:建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事,2009 改定
- 9) 藤井栄,森田司郎:異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究-第2報付着割裂強度算定式の提案-,日本建築学会論文報告集,No.324,pp.45~53,1983.2